

## **ESTUDIO ECOEFICIENTE PARA LA MEJORA DEL TRANSITO VEHICULAR ENTRE LAS CIUDADES DE ZARATE Y CAMPANA**

Luis N. Leanza – Carlos García Ebbens – Luis Sorrentino – Jorge Parente - Marisabel Soto – Cristina Varanese

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL DELTA  
CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN ENERGIA Y AMBIENTE  
San Martín 1171 – (2804) Campana – Buenos Aires – Argentina  
T.E./Fax: +54 – 3489 – 420249/420400/422018/437617  
E-mail: [leanzal@frd.utn.edu.ar](mailto:leanzal@frd.utn.edu.ar)

### **RESUMEN**

Nuestra zona, ubicada en un parque industrial de vital importancia para el intercambio comercial con el resto de los países latinoamericanos que han adherido al Mercosur, sufre diariamente un tránsito sumamente importante entre las ciudades de Zárate y Campana. Existen dos posibilidades de cubrir este trayecto, o bien por un camino vecinal de aproximadamente 10 Km, o por autopista de un recorrido de 15 Km.

Nuestro trabajo consiste en proponer alternativas para la mejora del tránsito en el camino vecinal, por lo que evaluamos la situación actual desde tres puntos de vista; preservación de combustible, costo de combustible, y efecto invernadero (emisión de dióxido de carbono).

Se proponen dos alternativas; por un lado la construcción de una autopista y por otro el reemplazo de automóviles particulares por un óptimo servicio de autotransporte de pasajeros. Ambas alternativas ofrecen una mejora importante desde todos los puntos de vista evaluados; la construcción de la autopista presenta una mejora aproximada del 22 % en los tres rubros, pero genera un impacto ambiental por contaminantes tóxicos, ya que el camino vecinal es una zona urbana densamente poblada.

El autotransporte de pasajeros ofrece mejores resultados a saber: 35 % en la preservación de combustibles, un ahorro económico mayor al 42 %, y la disminución de dióxido de carbono en aproximadamente un 34 %; además esta alternativa no implica ningún costo por construcción, como sería la autopista, y hay una reducción del 70 % en el tránsito circulante. Por otro lado reemplazando sólo el 65 % de automóviles por autotransporte de pasajeros se lograrían los mismos beneficios que con la construcción de la autopista.

### **Palabras clave**

Tránsito vecinal  
Contaminantes atmosféricos  
Impacto ambiental  
Autotransporte de pasajeros  
Preservación de combustibles  
Efecto invernadero

### **Objetivo**

Se propone en este trabajo elaborar alternativas para mejorar el tránsito entre las vecinas ciudades de Zárate y Campana; el flujo vehicular es tan importante que en muchas ocasiones, y dado que esta cinta asfáltica cuenta sólo con dos carriles (uno de ida y otro de vuelta), resulta insuficiente. A tal dificultad debe agregarse que en su trayecto total cuenta con un paso a nivel, tres puentes sobre otros tantos arroyos, y además hay un flujo de camiones de gran porte que ingresan y egresan de las plantas industriales que se hayan a la vera de esta ruta.

Para mejorar esta situación se analiza la posibilidad de construir una autopista, y como otra alternativa el reemplazo de vehículos particulares por un excelente servicio de autotransporte de pasajeros. Ambas alternativas planteadas se comparan con la situación actual.

### **Desarrollo y Resultados**

Para desarrollar este trabajo se han contabilizado la totalidad de vehículos que circulan entre estas dos ciudades. Si se observa la figura N° 1 se puede apreciar que existen dos vías de acceso. La vía A es la normal utilizada a la que hacemos referencia

como camino vecinal; en cambio la vía B es un camino alternativo utilizado habitualmente para evitar la alta densidad vehicular de la vía A. La vía B es una autopista y por lo tanto la circulación es más fluida. La vía A se puede estimar en 10 km mientras que la B en 15 km, considerando el ingreso de los vehículos a la zona céntrica de ambas localidades.

Figura N°1 – Esquema de los caminos alternativos entre Zárate y Campana.

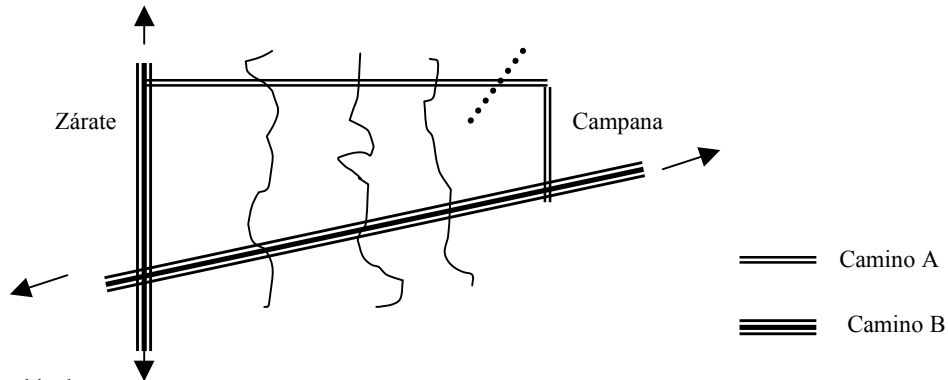


Tabla N° 1 – Flujo vehicular

| Cantidad de vehículos diarios                        | Camino A | Camino B |
|--|----------|----------|
| Total de vehículos circulantes                       | 20200    | 6500     |
| Autotransportes de pasajeros vecinal                 | 1050     | -        |
| Autotransporte de pasajeros media y larga distancia  | 100      | 200      |
| Camiones de gran porte                               | 1000     | 250      |
| Automóviles particulares (1)                         | 18050    | 6050     |
| (1) Automóviles que corresponden al tránsito vecinal | 12700    | 1800     |

Tabla N° 2 – Consumo medio de combustible

| Consumo medio cada 100 Km.              | Camino A | Camino B |
|---|----------|----------|
| Automóviles (litros de nafta o gas oil) | 11       | 9        |
| Automóviles (m <sup>3</sup> de GNC)     | 12       | 10       |
| Omnibus y camiones (litros de gas oil)  | 36       | 30       |

En la tabla N° 1 se observa la situación actual, en cuanto al flujo vehicular diario, mientras que en la tabla N° 2 se observan los consumos de combustibles medidos para cada tipo de vehículos circulando por el camino vecinal (camino A) o por la autopista (camino B); el consumo mayor detectado en el camino vecinal es debido a que los vehículos transitan con mayor dificultad, y su consumo se asemeja más al que correspondería a una ciudad que a una carretera.

Los datos suministrados en la tabla N° 1 se han obtenido por mediciones realizadas por el Municipio de la ciudad de Campana y corroborados por propias mediciones durante un lapso de aproximadamente dos meses tomando como resultado el promedio diario de vehículos circulantes, conforme a la clasificación adoptada.

Respecto a los valores provistos en la Tabla N° 2, para los automóviles particulares se han adoptado valores de consumo por mediciones propias tomando un promedio para vehículos chicos, medianos y grandes. En el caso de ómnibus y camiones se han consultado valores de consumo a las empresas de autotransporte de pasajeros así como a las principales empresas de transportes de carga.

**Situación actual.** Para el caso de automóviles (promedio para chicos, medianos y camionetas), se estima conforme a datos suministrados por las estaciones de servicio de la zona el siguiente consumo: nafta (55 %), gas-oil (40 %), GNC (5 %). Para el caso de ómnibus y camiones de gran porte se toma gas-oil como combustible. En las tablas N° 3 y 4, respectivamente, se pueden apreciar la distribución de automóviles según el tipo de combustible que consumen, y el consumo resultante para todo el flujo vehicular.

Tabla N° 3- Automóviles diarios por tipo de combustible

| Combustible | Camino A | Camino B | Total |
|-------------|----------|----------|-------|
| Nafta       | 9928     | 3328     | 13256 |
| Gas oil     | 7220     | 2420     | 9640  |
| GNC         | 902      | 302      | 1204  |
| Total       | 18050    | 6050     | 24100 |

Tabla N° 4 - Consumo anual de combustible

| Consumo anual (m <sup>3</sup> ) | Camino A | Camino B | Total  |
|---------------------------------|----------|----------|--------|
| Nafta                           | 3986     | 1640     | 5626   |
| Gas oil, automóviles            | 2899     | 1192     | 4091   |
| Gas oil, ómnibus y camiones     | 2825     | 739      | 3564   |
| GNC                             | 395076   | 165345   | 560421 |

Considerando los poderes caloríficos de los distintos combustibles y reduciendolo al poder calorífico inferior al correspondiente al petróleo crudo (10000 Kcal/Kg) la tabla N° 5 muestra el consumo de cada uno de los combustibles y el consumo total en Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP) :

Tabla N° 5 - Consumo de combustible en la situación actual

| Combustible (TEP anuales)   | Camino A | Camino B | Total        |
|-----------------------------|----------|----------|--------------|
| Nafta                       | 3130     | 1288     | 4418         |
| Gas oil, automóviles        | 2494     | 1025     | 3519         |
| Gas oil, ómnibus y camiones | 2430     | 636      | 3066         |
| GNC                         | 590      | 247      | 837          |
| Consumo total               | 8644     | 3196     | <b>11840</b> |

En lo que respecta al cálculo económico se tienen en cuenta los precios actualizados para cada uno de los combustibles utilizados, y específicamente para el caso de naftas se toma un promedio ponderado resultante del siguiente consumo porcentual obtenido en estaciones de servicio de la zona; súper (60%), común (10%) y ultra sin plomo (30%). En la tabla N° 6 se observan los costos anuales para los distintos combustibles.

Tabla N° 6 - Costo de combustibles en la situación actual

| Pesos (\$) anuales          | Camino A | Camino B | Total           |
|-----------------------------|----------|----------|-----------------|
| Nafta                       | 4271876  | 1757620  | 6029496         |
| Gas oil, automóviles        | 1447703  | 595261   | 2042964         |
| Gas Oil, ómnibus y camiones | 1410748  | 369042   | 1779790         |
| GNC                         | 122869   | 51422    | 174291          |
| Costo total                 | 7253196  | 2773345  | <b>10026541</b> |

La contaminación por efecto invernadero (emisión de CO<sub>2</sub>) se realizó por cálculo estequiométrico considerando combustión completa, y sobre la base de datos porcentuales de carbono otorgados por una empresa petroquímica de nuestra zona.

Tabla N° 7 - Contaminación por efecto invernadero en la situación actual

| Toneladas de CO <sub>2</sub> anuales | Camino A | Camino B | Total        |
|--------------------------------------|----------|----------|--------------|
| Nafta                                | 9208     | 3788     | 12996        |
| Gas oil, automóviles                 | 8036     | 3304     | 11340        |
| Gas oil, ómnibus y camiones          | 7831     | 2049     | 9880         |
| GNC                                  | 1358     | 568      | 1926         |
| Emisión total                        | 26433    | 9709     | <b>36142</b> |

**Propuesta alternativa I.** Planteamos como alternativa la construcción de una autopista sobre la vía A, por lo que se deduce que prácticamente todo el tránsito vehicular de la vía B se trasladará a aquella; estimaremos que el 100 % de los vehículos transitará por esta nueva construcción, por lo que la vía B no será considerada. En las tablas N° 8, 9 y 10, se pueden apreciar los nuevos valores de consumo en T.E.P., costo anual y emisión de dióxido de carbono, manteniendo la distancia de 10 Km pero con el consumo correspondiente a la vía B, o sea por circulación en autopista.

Tabla No. 8 - Consumo de combustible conforme a Alternativa I (Construcción autopista)

| Combustible (TEPanuales)    | Total Camino A |
|-----------------------------|----------------|
| Nafta                       | 3420           |
| Gas oil, automóviles        | 2724           |
| Gas oil, ómnibus y camiones | 2449           |
| GNC                         | 656            |
| Consumo total               | <b>9249</b>    |

Tabla No. 9 - Costo de combustible conforme Alternativa I (Construcción autopista)

| Pesos (\$) anuales          | Total Camino A |
|-----------------------------|----------------|
| Nafta                       | 4667340        |
| Gas oil, automóviles        | 1581536        |
| Gas oil, ómnibus y camiones | 1421735        |
| GNC                         | 136728         |
| Costo total                 | <b>7807339</b> |

Tabla No.10 – Efecto invernadero según Alternativa I (Construcción autopista)

| Toneladas de CO <sub>2</sub> anuales | Total Camino A |
|--------------------------------------|----------------|
| Nafta                                | 10060          |
| Gas oil, automóviles                 | 8779           |
| Gas oil, ómnibus y camiones          | 7892           |
| GNC                                  | 1511           |
| Emisión total                        | <b>28242</b>   |

**Propuesta alternativa II.** El autotransporte público de pasajeros en general es observado por la sociedad como uno de los problemas más severos que aqueja al medio ambiente de las grandes urbes, lo cual tiene razones objetivas, como ser la emisión de humo negro y ruido (emisiones visibles y audibles). Existen sin embargo otros contaminantes invisibles (hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre, aldehidos, plomo) que son emitidos por todos los vehículos y cuyo daño es tan importante o aún peor que el que ocasiona el autotransporte de pasajeros (CoNTA, 1997). Para profundizar esta propuesta es necesario introducir el concepto de *contaminación por pasajero/kilómetro transportado*, que es el parámetro que debería analizarse cuando se comparan distintos medios de transporte. En efecto, la propuesta consiste en dotar al tránsito vecinal de ambas ciudades de autotransporte de pasajeros que reemplacen a los vehículos particulares que la transitan actualmente; ello implica un excelente servicio que incluya un mejoramiento global del mismo, teniendo en cuenta entre los fundamentales: reducción del costo del pasaje, ampliación de la cobertura, disminución del tiempo de viaje, cumplimiento de la puntualidad, renovación de unidades.

Para el cálculo habrá de considerarse los consumos propuestos en la tabla N° 2 para automóviles de tránsito vecinal y para ómnibus de pasajeros que circulen exclusivamente por la vía A; considerando un reemplazo del 100% implica 14500 automóviles correspondientes al tránsito vecinal. Un automóvil transporta en término medio 1.5 personas, mientras que un ómnibus tiene una ocupación media de 24 personas. Considerando estas cifras y transformando en T.E.P. todo el consumo de combustible para automóviles de tránsito vecinal resultan 4891 T.E.P. Considerando los 14500 automóviles, éstos transportan 21750 personas diariamente, o sea 7938750 anuales; a cada una de ellas le corresponde un consumo de  $6.16 \cdot 10^{-4}$  T.E.P. Ahora bien para transportar en ómnibus 21750 pasajeros se necesitarían 906 unidades diarias que representa un consumo de 1023 T.E.P. anuales, y que significa un consumo de  $1.28 \cdot 10^{-4}$  T.E.P. por pasajero, o sea casi cinco veces menos. Con esta nueva situación se observan en las tablas N° 11, 12 y 13 los consumos, costos y emisión considerando la alternativa II.

Tabla N°11 - Consumo de combustible según alternativa II (Autotransporte de pasajeros)

| TEP Anuales                 | Camino A | Camino B | Total       |
|-----------------------------|----------|----------|-------------|
| Nafta                       | 927      | 904      | 1831        |
| Gas oil, automóviles        | 739      | 721      | 1460        |
| Gas oil, ómnibus y camiones | 3454     | 636      | 4090        |
| GNC                         | 175      | 116      | 291         |
| Consumo total               | 5295     | 2377     | <b>7672</b> |

Tabla N°12 - Costo de combustible según Alternativa II (Autotransporte de pasajeros)

| Pesos (\$) anuales          | Camino A | Camino B | Total          |
|-----------------------------|----------|----------|----------------|
| Nafta                       | 1265701  | 1233550  | 2499251        |
| Gas oil, automóviles        | 428967   | 418480   | 847447         |
| Gas oil, ómnibus y camiones | 2005011  | 369042   | 2374053        |
| GNC                         | 36370    | 24065    | 60435          |
| Costo total                 | 3736049  | 2045137  | <b>5781186</b> |

Tabla N°13 – Efecto invernadero según Alternativa II

| Toneladas de CO <sub>2</sub> anuales | Camino A | Camino B | Total |
|--------------------------------------|----------|----------|-------|
| Nafta                                | 2728     | 2661     | 5389  |
| Gas oil, automóviles                 | 2381     | 2323     | 4704  |
| Gas oil, ómnibus y camiones          | 11130    | 2049     | 13179 |

|               |       |      |              |
|---------------|-------|------|--------------|
| GNC           | 402   | 266  | 668          |
| Emisión total | 16641 | 7299 | <b>23940</b> |

En las tablas N° 14 y 15 se comparan los resultados para la situación actual y las dos alternativas propuestas.

Tabla N°14. Tabla comparativa de la situación actual y las dos propuestas

| Alternativa                 | TEP anuales | Pesos (\$) anuales | Toneladas de CO <sub>2</sub> anuales |
|-----------------------------|-------------|--------------------|--------------------------------------|
| Situación actual            | 11840       | 10026541           | 36142                                |
| Construcción autopista      | 9249        | 7807339            | 28242                                |
| Autotransporte de pasajeros | 7672        | 5781186            | 23940                                |

Tabla N°15. Tabla de disminución porcentual de propuestas respecto a situación actual

| Alternativa                 | TEP anuales | Pesos (\$) anuales | Toneladas de CO <sub>2</sub> anuales |
|-----------------------------|-------------|--------------------|--------------------------------------|
| Construcción autopista      | 21.88 %     | 22.13 %            | 21.86 %                              |
| Autotransporte de pasajeros | 35.20 %     | 42.34 %            | 33.76 %                              |

### Conclusiones

- 1- La alternativa II propone un ahorro mayor que la alternativa I, y no implica costos de construcción de autopista.
- 2- Tomando el caso más desfavorable, en cuanto a posibilidades de ahorro, como lo es la emisión de dióxido de carbono, bastaría reemplazar aproximadamente el 65 % de los automóviles por autotransportes de pasajeros para obtener el ahorro que implica la alternativa I, pero sin costos.
- 3- Las emisiones gaseosas por pasajero/kilómetro transportado son aproximadamente cinco veces menor en el autotransporte colectivo que las producidas por el vehículo particular.
- 4- La emisión de contaminantes tóxicos puede considerarse proporcional al combustible consumido (CoNTA, 1997) por lo que con ambas propuestas se logra una mejora en este aspecto, aunque si bien la alternativa I disminuye globalmente la contaminación, la aumenta sobre la vía A, que es una zona urbana provocando un impacto ambiental; en cambio la propuesta II la disminuye globalmente, y aún sobre dicha vía.
- 5- Se eliminarían de circulación 16 automóviles por cada unidad de autotransporte; considerando una superficie de 6.3 m<sup>2</sup> para el automóvil, y de 26.4 m<sup>2</sup> para el ómnibus resulta una ocupación de la ruta de 4.2 m<sup>2</sup>/pasajero, y 1.1 m<sup>2</sup>/pasajero respectivamente; si la totalidad de los automóviles que transitan por el camino vecinal fueran reemplazados, 12700 de ellos dejarían de circular por la vía A, y en su lugar lo harían 906 unidades de autotransporte; aquellos ocupan un espacio diario de 80010 m<sup>2</sup>, mientras que los ómnibus ocuparían 23920 m<sup>2</sup>, o sea un 70 % menos, con lo que se agilizaría notablemente el tránsito.

### Referencia

CoNTA, Comisión Nacional de Transporte Automotor, Ingeniería Sanitaria y Ambiental N° 31, Abril 1997, páginas 24 y 25.

### ABSTRACT

Our area, located in an industrial park very important for the commercial exchange with the other latinamerican countries which have joined the Mercosur suffers a very important daily passing by between two main cities, the city of Campana and the city of Zarate. There are two possibilities to cover this trayectory, by a 2-lane rural highway of 10-km or by a motorway of about 15 km.

Our job consists in suggesting alternatives to improve the transit in the rural highway, for what we valued the present situation from three points of view: the preservation of fuel, the cost of fuel and greenhouse effect (emission of carbon dioxide).

The suggested alternatives are two: build a motorway, or replace the private vehicles with an adequate passengers transport. Both alternatives offer an improvement from all the valued points of view; building the motorway represents an improvement of about 22% in the three topics, but generates an environmental shock caused by atmpospheric pollutants because the rural highway is a populated area.

The second alternative offers better results improving 35% the conservation of fuel, an economical saving of 42% and decreases by about 34% the carbon dioxide; besides this alternative does not involve no cost for building, like there would be in the motorway, and there is a reduction in traffic by 70%. Moreover by replacing only 65% of private cars with passengers transports we could obtain the same benefits as if we build the motorway.